

**PENGARUH KONSENTRASI *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN LUAS
PERMUKAAN ELEKTRODA *GRAPHITE ROD* TERHADAP KINERJA *DUAL
CHAMBER MICROBIAL FUEL CELLS* (DCMFCs)**

Amelia Fitriani^{*)}; Sri Sumiyati^{**)}; Ganjar Samudro ^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia
amelia.fitriani@rocketmail.com

ABSTRACT

Domestic wastewater have high concentration of COD. The increasing amount of domestic wastewater can affect the quantity of wastewater in receiving water which exceeds the carrying capacity of environment. Thus, will cause negative effect in environmental quality. On this research, the wastewater was treated by using Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DCMFCs). Microbial Fuel Cells is a device which is used to convert chemical energy to electricity using microorganism as catalyst assistance. In order to achieve maximum COD removal and electrical discharge, COD concentration and graphite rod electrode surface area has been varied. COD concentration varied on 400 mg/l, 800 mg/l, and 1200 mg/l . While the graphite rod electrode surface area varied on 25 cm², 49 cm², and 74 cm². DCMFCs reactor operated in 2 sequences, acclimatization on 14 days and reactor running process on 35 days. The optimum COD removal and power density result produced by 800 mg/l COD concentration and 25 cm² elctrode surface area.

Keywords: *Microbial Fuel Cells, Chemical Oxygen Demand, electrode surface area, graphite rod, power density*

PENDAHULUAN

Kemajuan zaman dan teknologi menyebabkan jenis buangan manusia yang semula bersifat sederhana kini semakin bervariasi dan apabila tidak diolah dengan baik akan mempengaruhi kualitas lingkungan (Wardhana, W. A., 2005). Buangan cair umumnya berupa air limbah domestik atau air bekas penggunaan dari aktivitas sehari-hari seperti mandi, cuci, dan kakus. Air limbah juga dapat berasal dari kegiatan non do mestik, seperti dari kegiatan pertanian, perdagangan, dan industri. Limbah cair domestik merupakan salah satu permasalahan bagi lingkungan karena secara kuantitas maupun kualitas dapat mengganggu kesehatan manusia, mencemari lingkungan, dan mengganggu kehidupan makhluk hidup. Peningkatan jumlah limbah cair domestik mengakibatkan jumlah limbah dalam badan air penerima melebihi daya tampung maupun daya dukung lingkungannya. Sehingga akan menimbulkan dampak negatif dan memperburuk kualitas lingkungan (Widayat, 2009).

Beberapa tahun terakhir, *Microbial Fuel Cells* (MFCs) menjadi teknologi

menarik yang menjanjikan pengolahan air limbah organik yang menghasilkan bio energi berupa listrik (Satyam *et al.*, 2011). *Microbial Fuel Cells* (MFCs) adalah teknologi yang dapat mengolah air limbah dan mengubah energi kimianya menjadi energi listrik dengan bantuan bakteri sebagai katalis (Logan, 2006; Wei *et al.*, 2011). Bahan-bahan organik dari limbah cair dapat dimanfaatkan dalam sistem *Microbial Fuel Cells* (MFCs) sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan mikroba. Komposisi, konsentrasi, dan tipe substrat mempengaruhi komunitas mikroorganisme dan produksi listrik (Pant, 2010). Dalam penelitian Liu *et al.* (2005) dimana SMFC menggunakan limbah artificial yang mengandung asetat diperoleh produksi listrik sebesar 506 mW/m². Selain itu, penelitian Rabaey *et al.* (2003) diperoleh produksi listrik sebesar 275 W/m³ dengan menggunakan limbah artificial yang mengandung glukosa. Penelitian Jiang dan Li (2011) membuktikan terjadi peningkatan efisiensi penurunan COD dan produksi listrik seiring dengan peningkatan konsentrasi COD antara 600 mg/l - 1000

^{*)} Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP Semarang

^{**)} Dosen Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP Semarang

mg/l. Keuntungan dalam menggunakan MFCs sebagai pengolah limbah, di antaranya bersih, aman, performanya baik, emisinya rendah, efisiensi tinggi, didapatkan listrik secara langsung (Ghangrekar *et al.*, 2007).

Salah satu yang berpengaruh pada nilai efisiensi penurunan COD dan produksi listrik yang dihasilkan dalam reaktor *Microbial Fuel Cells* (MFCs) adalah elektroda. Elektroda adalah komponen penting yang menentukan performa dan biaya dalam MFC (Rabaey *et al.* 2009; Wei *et al.*, 2011). *Graphite rod* digunakan sebagai elektroda di anoda dan katoda. Menurut Liu *et al.* (2005); Zhou *et al.* (2011), *graphite rod* memiliki beberapa kelebihan, yaitu konduktivitas listrik dan kestabilan kimia yang baik, relatif murah, dan mudah didapatkan. Pada penelitian Winaya *et al.* (2011) menggunakan variasi jumlah elektroda *graphite rod* 3 buah, 6 buah, dan 9 buah. Hasil yang diperoleh produksi listrik meningkat dengan adanya peningkatan jumlah elektroda yang digunakan. Peningkatan luas permukaan elektroda berarti meningkatkan luas yang lebih besar untuk tempat kontak bakteri mentransfer elektron ke elektroda sehingga produksi listrik yang dihasilkan meningkat. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, konsentrasi COD dan luas permukaan elektroda dapat mempengaruhi performa *Microbial Fuel Cells* (MFCs).

Metodologi Penelitian

Penelitian DCMFCs ini menggunakan variasi Konsentrasi COD dan luas permukaan elektroda *graphite rod*. Konsentrasi COD yang divariasikan dalam penelitian ini yaitu 400 mg/l, 800 mg/l, dan 1200 mg/l. Sedangkan variasi luas permukaan elektroda *graphite rod* dalam reaktor adalah 25 cm² (2 buah elektroda *graphite rod*), 49 cm² (4 buah elektroda *graphite rod*), dan 74 cm² (6 buah elektroda *graphite rod*). Desain reaktor dalam bentuk *dual-chamber*.

Kompartemen anoda dan katoda dihubungkan menggunakan jembatan garam. Volume kerja 0,6 liter, waktu detensi 10 jam, dan debit 1 ml/menit. Diameter dan tinggi reaktor 11,5 cm. Reaktor dioperasikan pada dua tahap yaitu; tahap *seeding* -

aklimatisasi menggunakan reaktor *batch* selama 14 hari dan tahap pengoperasian reaktor tahap *running* menggunakan sistem kontinyu selama 35 hari.

Pembuatan Limbah Artificial

Limbah buatan ini merupakan limbah yang berasal dari asam asetat dan glukosa. Konsentrasi COD 400 mg/l, 800 mg/l, dan 1200 mg/l didapatkan dengan proses *trial and error* dari pencampuran bahan asam asetat (ml) dan glukosa (gram) yang dilarutkan di dalam aquadest dan ditambahkan nutrisi berupa KH₂PO₄ sebagai sumber P (fosfor) dan KNO₃ sebagai sumber N (nitrogen). Setelah itu, dinetralkan pH-nya terlebih dahulu kemudian diambil sampel limbah untuk diuji konsentrasi CODnya.

Persiapan Elektroda *Graphite Rod*

Dalam penelitian ini digunakan elektroda *graphite rod* yang berasal dari baterai baru dan baterai bekas ukuran D. Satu buah elektroda *graphite rod* memiliki diameter 0,8 cm dan tinggi 4,7 cm.

Menurut Liu *et al.* (2005); Zhou *et al.* (2011), *graphite rod* memiliki beberapa kelebihan, yaitu konduktivitas listrik dan kestabilan kimia yang baik, relatif murah, dan mudah didapatkan. Menurut Artadi *et al.* (2007), *graphite rod* yang berasal dari grafit baterai memiliki sifat fisis yang hampir sama dengan elektroda grafit. Grafit baterai ini digunakan karena sifat mekanisnya seperti logam, ringan, mempunyai daya hantar listrik yang tinggi, cocok untuk pertumbuhan mikroba, dan harganya relatif murah.



Gambar 1 *Graphite Rod*

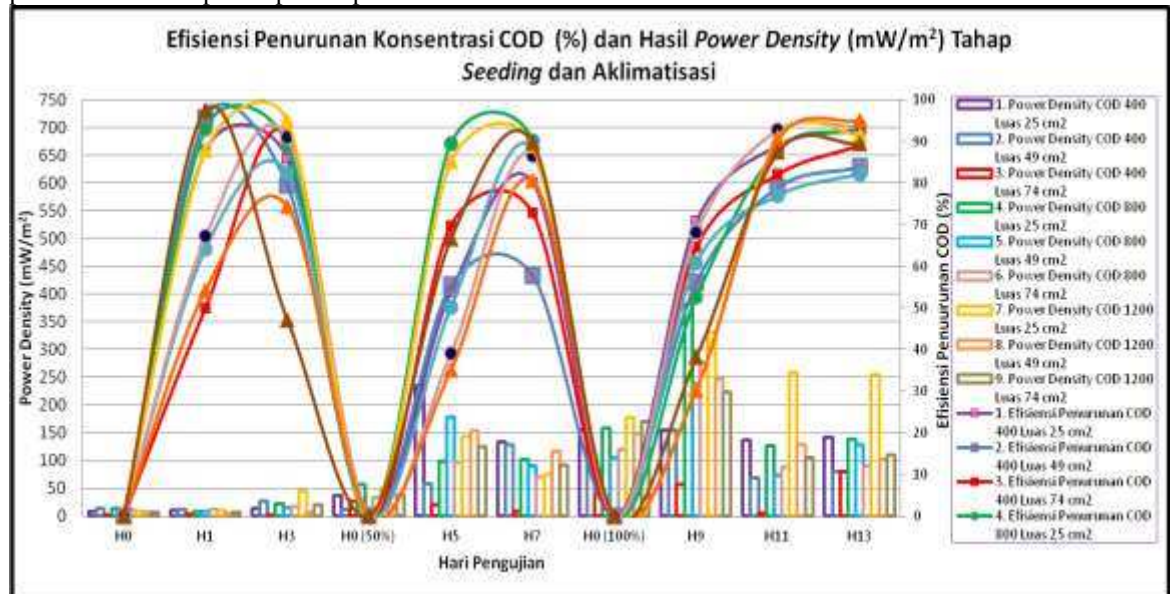
Tahapan dalam preparasi elektroda di MFCs adalah elektroda harus dibersihkan dan diaktifkan terlebih dahulu. Elektroda direndam dalam larutan HCL 1 M dan NaOH 1 M, masing-masing selama 1 hari.

Tujuannya adalah untuk menghilangkan kontaminasi logam dan bahan organik (Chae *et al.*, 2008; Novitasari, 2011). Kemudian elektroda disimpan dalam aquadest hingga saat akan digunakan.

Tahap Seeding dan Aklimatisasi

Menurut (Indriyati, 2003), tahap pembenihan merupakan proses penumbuhan

mikroba yang akan digunakan dalam penelitian. Sedangkan tahap aklimatisasi merupakan tahap pengadaptasian mikroba yang terbentuk dengan limbah yang akan diolah sebelum dilakukan sistem kontinyu pada tahap *running*. Proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan bersamaan karena *seeding* dilakukan di dalam reaktor.



Gambar 2. Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD (%) dan Hasil Power Density (mW/m²)

Tahap Seeding dan Aklimatisasi

Proses aklimatisasi diawali dengan membuat limbah artificial yang terbuat dari asam asetat, glukosa monohidrat, dan nutrisi yang dilarutkan dalam aquadest. Kemudian dicampur dengan limbah *septic tank* sebagai nutrisi awal untuk bakteri sebelum diberikan beban organik yang berbeda. Komposisi air limbah yang digunakan pada awal seeding yaitu 1/3 limbah artificial dan 2/3 limbah *septic tank* (Septyana, 2013). Mikroorganisme untuk *seeding* diambil dari *septic tank*. Konsentrasi COD-nya dikondisikan pada kisaran 600 mg/l. Konsentrasi COD terlarut dalam reaktor dikondisikan bertahap setiap 3 hari sekali sesuai dengan variasi COD yang akan dimasukkan dalam reaktor dari 50% hingga 100%. Hal ini dilakukan agar bakteri tersebut secara bertahap dapat beradaptasi.

Menurut Herald (2010), peningkatan konsentrasi secara bertahap bertujuan untuk menghindari *shock loading* yang dapat mematikan mikroba dan untuk menyeleksi

mikroba yang mampu mengolah sesuai dengan kondisi operasi nantinya. Aklimatisasi dihentikan ketika penurunan COD sudah mencapai stasioner untuk mendegradasi bahan organik. Proses aklimatisasi dianggap selesai jika efisiensi penyisihan senyawa organik telah konstan dengan fluktuasi tidak lebih dari 10% (Herald, 2010).

Tahap Running

Tahap *running* dilakukan dengan sistem aliran kontinyu dari reservoir limbah. Konsentrasi COD pada reservoir dikondisikan dengan konsentrasi 400 mg/l, 800 mg/l, dan 1200 mg/l.

Hasil dan Pembahasan

Uji Pendahuluan dan Karakteristik Air Limbah

Konsentrasi COD 400 mg/l, 800 mg/l, dan 1200 mg/l diperoleh dari proses *trial and error* uji COD dengan limbah artifisial

sampai mendapatkan 400 mg/l, 800 mg/l, dan 1200 mg/l.

Tabel 1. Hasil Uji Coba Pembuatan Limbah Artifisial

Keterangan	COD 400 mg/l	COD 800 mg/l	COD 1200 mg/l	Satuan
Hasil COD <i>Trial and Error</i>	420,8	763,0	1176,6	mg/l
BOD	142	160	166	mg/l
Rasio BOD/COD	0,338	0,209	0,141	mg/l

Kinerja DCMFCs pada Tahap *Seeding* dan Aklimatisasi

Konsentrasi COD pada H0 sebesar 553 mg/l. Dari hasil proses aklimatisasi, pada H1 terjadi penurunan yang tidak terlalu stabil hingga H3. Kemudian pada H4, konsentrasi COD meningkat setelah ditambahkan konsentrasi 50% ke dalam reaktor karena meningkatnya pula beban organik. Konsentrasi COD menurun kembali hingga H7. Peningkatan konsentrasi COD terjadi pula di H9 ketika konsentrasi 100% ditambahkan ke dalam reaktor. Pada H11 hingga H13 terjadi penurunan konsentrasi COD tetapi deviasinya kurang dari 10%. Pada H13, efisiensi penurunan COD terbesar diperoleh dari reaktor dengan konsentrasi COD 1200 mg/l dengan luas permukaan 49 cm² sebesar 95,01%. Setelah penurunan COD stabil, tahap aklimatisasi dihentikan untuk dilanjutkan ke tahap *running*.

Produksi listrik pada tahap aklimatisasi dari H0 hingga H3 mengalami peningkatan seiring dengan penurunan konsentrasi COD. Pada H4, dilakukan penambahan konsentrasi 50% dan pada H5 produksi listrik semakin meningkat. Produksi listrik tertinggi pada H5 sebesar 235,21 mW/m² pada reaktor dengan konsentrasi 400 mg/l dengan luas permukaan 25 cm². Produksi listrik menurun pada H7 kemudian terjadi peningkatan kembali di H9 dan H11 setelah dilakukan penambahan konsentrasi 100%. Pada H11 produksi listrik menurun seiring dengan menurunnya konsentrasi COD. Pada H13, produksi listrik tertinggi

diperoleh dari reaktor 1200 mg/l dengan luas permukaan elektroda 25 cm² sebesar 254,37 mW/m².

Efisiensi penurunan COD terbesar terjadi pada reaktor dengan konsentrasi 1200 mg/l dengan luas permukaan 49 cm² sebesar 95,01% menandakan mikroorganisme bermetabolisme dengan memanfaatkan bahan organik di dalam reaktor. Ketika H4 dan H8 terjadi peningkatan konsentrasi COD karena adanya penambahan konsentrasi COD sehingga beban organik di dalam reaktor bertambah. Penurunan efisiensi dan produksi listrik karena substrat yang dibutuhkan bakteri untuk bermetabolisme sudah berkurang maka pembebasan energi untuk menghasilkan elektron-elektron juga berkurang. Namun, ketika dilakukan penambahan konsentrasi COD, mikroorganisme mendapatkan substrat baru untuk didegradasi kembali dan diubah menjadi electron dan proton yang menghasilkan listrik.

Pada proses *seeding* dan aklimatisasi, lapisan biofilm terbentuk dan akan semakin menebal pada proses ini. Proses pembentukan biofilm diawali dengan proses pelekatan awal yaitu pelekatan mikroorganisme pada permukaan elektroda *graphite rod*. Mikroorganisme memiliki kemampuan adhesi dan lebih menyukai permukaan yang kasar. Kemudian, terjadi proses pelekatan permanen dengan bantuan eksopolisakarida (EPS) yang berfungsi untuk mengikat sel ke permukaan elektroda dan melidungi dari lingkungan sekitarnya. Kemudian, terjadi maturasi I yaitu pematangan biofilm tahap awal. Biofilm terus tumbuh sejalan dengan pertumbuhan koloni. Setelah itu, proses maturasi II yaitu proses pematangan biofilm tahap akhir, mikroorganisme siap menyebar. Terakhir, proses dispersi atau menyebar dan berkolonisasi di tempat lain. Selama proses aklimatisasi, penurunan konsentrasi COD masih fluktuatif karena pertumbuhan mikroorganisme belum optimal dan lapisan biofilm masih tipis (Herlambang dan Said, 2010). Biofilm membutuhkan waktu kontak yang cukup dengan substrat organik untuk menyerap dan mendegradasi substrat. Substrat yang terdegradasi akan diubah dan ditransfer menjadi elektron yang terukur voltase dan arusnya melalui sirkuit eksternal listrik. Periode aklimatisasi 2-4 minggu cukup untuk pertumbuhan biofilm (Li *et al.*, 2011).

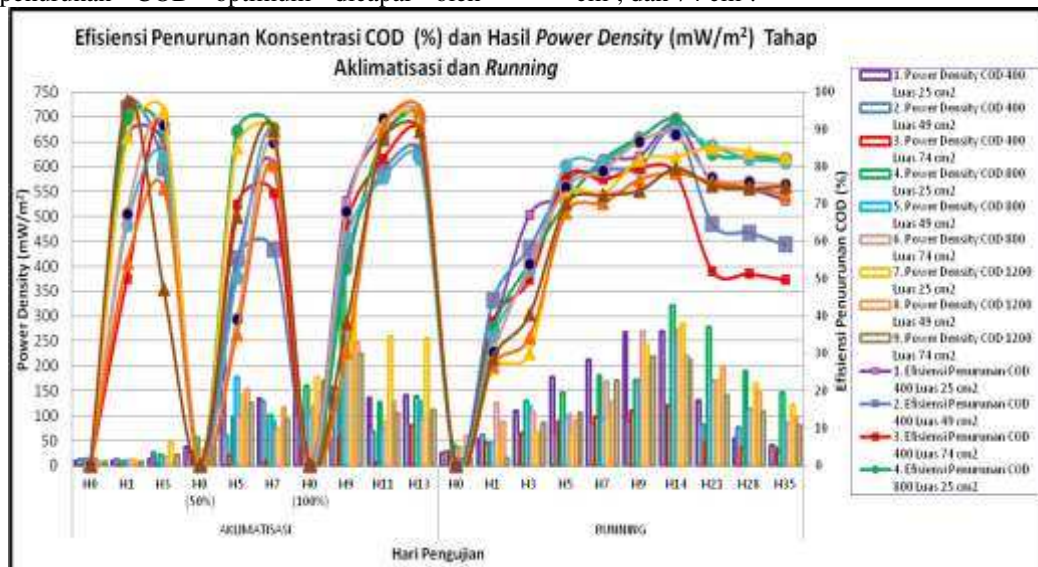
Kinerja DCMFCs pada Tahap *Running*

1. Pengaruh Konsentrasi COD Terhadap Kinerja DCMFCs

Dari hasil pengujian konsentrasi COD dengan waktu detensi 10 jam diperoleh hasil yang optimum, yaitu saat *steady state* (rata-rata hasil H14 hingga H35). Pada variasi COD 400 mg/l efisiensi penurunan COD optimum dicapai oleh reaktor dengan variasi luas permukaan 25 cm² sebesar 78,06 %. dengan produksi listrik 123,46 mW/ m². Pada variasi COD 800 mg/l efisiensi penurunan COD optimum dicapai oleh

reaktor dengan variasi luas permukaan 25 cm² sebesar 85,20 % dengan produksi listrik 233,49 mW/m². Pada variasi COD 1200 mg/l efisiensi penurunan COD optimum dicapai oleh reaktor dengan variasi luas permukaan 25 cm² sebesar 83,58 % dengan produksi listrik 186,13 mW/ m².

Hasilnya konsentrasi COD 800 mg/l menjadi konsentrasi COD optimum dalam mendapatkan efisiensi penyisihan konsentrasi COD dan produksi listrik di setiap luas permukaan elektroda 25 cm², 49 cm², dan 74 cm².



Gambar 3. Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD (%) dan Hasil Power Density (mW/m²) Tahap *Running*

Menurut Khan *et al.* (2012), dalam penelitiannya yang menggunakan 2 variasi luas permukaan elektroda yaitu 70,33 cm² dan lebih besar daripada luas elektroda pertama menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 47-74% dari konsentrasi COD awal 100-200 mg/dm³. Menurut Zhou *et al.* (2011) elektroda dapat diaplikasikan di dalam pengolahan limbah dalam reaktor MFC. Penggunaan elektroda ini dapat menyisihkan COD rentang 30%-80%.

Pada penelitian Liu *et al.* (2005), produksi listrik yang dihasilkan oleh asetat 800 mg/l 66% lebih tinggi dibandingkan dengan butirat 1000 mg/l. Produksi listrik yang dihasilkan oleh asetat sebesar 506 mW/m², sedangkan produksi listrik yang dihasilkan oleh butirat sebesar 305 mW/m².

Hasil penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Jiang dan Li (2011) dimana produksi listrik tertinggi dicapai oleh reaktor

dengan COD 850 mg/l dan menurun ketika konsentrasi COD mencapai 1000 mg/l.

2. Pengaruh Luas Permukaan Elektroda *Graphite Rod* Terhadap Kinerja DCMFCs

Dari hasil pengujian konsentrasi COD dengan waktu detensi 10 jam diperoleh hasil yang optimum, yaitu saat *steady state* (rata-rata hasil H14 hingga H35). Pada variasi COD 400 mg/l efisiensi penurunan COD optimum dicapai oleh reaktor dengan variasi luas permukaan 25 cm² sebesar 78,06 %. dengan produksi listrik 123,46 mW/ m². Pada variasi COD 800 mg/l efisiensi penurunan COD optimum dicapai oleh reaktor dengan variasi luas permukaan 25 cm² sebesar 85,20 % dengan produksi listrik 233,49 mW/ m². Pada variasi COD 1200 mg/l efisiensi penurunan COD optimum dicapai oleh reaktor dengan variasi

luas permukaan 25 cm² sebesar 83,58 % dengan produksi listrik 186,13 mW/m².

Hasilnya konsentrasi luas permukaan elektroda *graphite rod* 25 cm² menjadi luas permukaan elektroda optimum dalam mendapatkan efisiensi penyisihan konsentrasi COD dan produksi listrik di setiap konsentrasi COD 400 mg/l, 800 mg/l, dan 1200 mg/l.

Dalam penelitian Ghangrekar *et al.* (2007), menggunakan elektroda dengan luas permukaan 70,21 cm², 140,43 cm², dan 210,64 cm². Maksimum produksi listrik yang dihasilkan, yaitu 10,13 mW/m², 6,45 mW/m², dan 4,66 mW/m². Produksi listrik terbesar dihasilkan oleh luas permukaan elektroda terkecil yaitu 70,21 cm². Hal ini disebabkan oleh *external resistance* yang mengontrol perpindahan elektron di dalam reaktor. Sehingga, area pada elektroda tidak digunakan secara efisien.

Kemudian, dalam penelitian Sadeqzadeh *et al.* (2012), menggunakan 4 buah elektroda dengan permukaan 12, 16, 20, dan 24 cm². Luas permukaan elektroda 20 cm² menghasilkan produksi listrik terbesar, yaitu 76,5 mW/m². Hal ini diindikasikan karena peluang bakteri untuk melekat dan produksi listrik di luas permukaan elektroda yang besar dibatasi oleh *mass transport* dan besarnya luas permukaan elektroda.

Semakin tinggi efisiensi penurunan COD maka pendegradasian bahan organik yang terdapat dalam air limbah semakin besar. Meskipun luas permukaan elektroda di anoda diperbesar, itu tidak terlalu berdampak pada tingginya produksi listrik yang dihasilkan. Lebih penting untuk memperluas elektroda di katoda (Janicek *et al.*, 2014). Dalam penelitian Cheng *et al.* (2011), luas permukaan katoda juga menjadi bagian penting untuk meningkatkan power. Memperluas 2 kali dari luas katoda awal dapat menambah power sebesar 62% dengan air limbah domestik, tetapi memperluas 2 kali dari luas anoda hanya meningkatkan power sebesar 12%. Bagaimanapun juga, terdapat banyak faktor yang mempengaruhi performa dan output yang dihasilkan oleh reaktor MFC, di antaranya jarak elektroda, luas permukaan anoda, jembatan garam/PEM, substrat, *hydraulic retention time*.

Dalam penelitian ini, penurunan COD dan produksi listrik terbaik dihasilkan oleh reaktor dengan luas permukaan elektroda terkecil, yaitu 25 cm². Hal ini mungkin disebabkan, oleh *mass transport losses* yang membatasi peluang bakteri untuk melekat di elektroda (Lorenzo *et al.*, 2010; Sadeqzadeh *et al.*, 2012).

Menurut (Jones; Liu *et al.*, 2010), jika biofilm terlalu tipis, tidak cukup bakteri untuk memproduksi arus listrik. Namun, jika terlalu tebal arus yang dihasilkan menurun karena bakteri tidak dapat menjangkau anoda. Di dalam konduktif biofilm faktor lain, seperti *mass transport* substrat menjadi penting.

3. Pengaruh Variasi Konsentrasi COD dan Luas Permukaan Elektroda *Graphite Rod* Terhadap Kinerja DCMFCs

Dari poin 1 dan 2 di atas maka dapat dipilih bahwa COD 800 mg/l dan luas permukaan elektroda *graphite rod* 25 cm² adalah variasi COD dan luas permukaan elektroda optimum dalam menurunkan konsentrasi COD dan produksi listrik. Saat kondisi *steady state* efisiensi penurunan COD sebesar 85,20 % dengan produksi listrik 233,49 mW/m².

Menurut Zhou *et al.* (2011) elektroda dapat diaplikasikan di dalam pengolahan limbah dalam reaktor MFC. Penggunaan elektroda ini dapat menyisihkan COD rentang 30%-80%. Efisiensi penurunan COD tertinggi terletak pada reaktor dengan luas permukaan 25 cm² dengan konsentrasi COD 800 mg/l yaitu sebesar 67,17%. Produksi listrik tertinggi terletak pula pada reaktor dengan luas permukaan 25 cm² dengan konsentrasi COD 800 mg/l yaitu sebesar 164,94 mW/m².

Dalam penelitian Cheng *et al.* (2011), maksimum produksi listrik meningkat dengan konsentrasi substrat pada MFC dengan volume 28 ml. Pada substrat 150 mg/l produksi listrik sebesar 27 W/m³. Ketika konsentrasi substrat ditambahkan menjadi 500 mg/l, produksi listrik meningkat menjadi 33% sebesar 36 W/m³. Ketika ditambahkan menjadi 1000 mg/l, produksi listrik meningkat 56% mencapai 42 W/m³. Namun, ketika konsentrasi ditambah menjadi 2000 mg/l, produksi listrik tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Performa pada anoda secara signifikan diperoleh dari konsentrasi substrat di bawah 1000 mg/l.

Dalam penelitian (Sadeqzadeh *et al.*, 2012) luas permukaan elektroda 20 cm² menghasilkan produksi listrik terbesar, yaitu 76,5 mW/m². Dalam penelitian Ghangrekar *et al.* (2007), maksimum produksi listrik diperoleh dari luas permukaan elektroda 70,21 cm² yaitu sebesar 10,13 mW/m². Sedangkan, dalam Khan *et al.* (2012), dalam penelitiannya yang menggunakan 2 variasi luas permukaan elektroda yaitu 70,33 cm² dan satu lagi dua kali lebih besar daripada luas elektroda pertama. Elektroda yang memiliki luas 70,33 cm² memiliki produksi listrik lebih tinggi daripada elektroda yang kedua.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya hubungan antara konsentrasi COD dan produksi listrik. Ketika efisiensi penurunan COD rendah, produksi listrik yang dihasilkan juga rendah. Sebaliknya, ketika efisiensi penurunan COD tinggi, produksi listrik yang dihasilkan juga tinggi. Seperti dalam penelitian (Jiang dan Li, 2011), konsentrasi COD rendah menghasilkan produksi listrik yang rendah, sedangkan konsentrasi COD tinggi, menghasilkan produksi listrik yang tinggi.

Kesimpulan

1. Konsentrasi COD dan luas permukaan elektroda *graphite rod* memiliki pengaruh terhadap kinerja DCMFCs. Semakin tinggi konsentrasi COD, maka semakin tinggi produksi listrik dan efisiensi penurunan konsentrasi COD. Penggunaan luas elektroda *graphite rod* 25 cm² mampu meningkatkan kinerja DCMFCs.
2. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi COD 800 mg/l dan luas permukaan elektroda 25 cm² merupakan yang optimum untuk penurunan COD dan produksi listrik dalam reaktor DCMFCs.

Saran

1. Limbah di bak penampung harus diganti setiap hari karena adanya proses pengolahan jika tidak tertutup dengan rapat.
2. Diperlukan pengolahan lanjutan untuk menghasilkan output yang memenuhi baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Chae, Kyu Jung, Mijin Choi, Folusho F. Ajayi, Wooshin Park, In Seop Chang and In S. Kim. 2008. *Mass Transport Through a Proton Exchange Membran (Nafion) in Microbial Fuel Cells*. *Energi & Fuels* (22): 169-176
- Cheng S, Logan BE. 2011. *Increasing Power Generation for Scalling Up Single-Chamber Air Cathode Microbial Fuel Cells*. *Bioresource Technology* 102(6), 4468-4473
- Janicek Anthony, Yanzen Fan, Hounq Liu. 2014. *Design of microbial fuel cells for practical application: a review and analysis of scale-up studies*. *Biofuels*, 5 : 1, 79-92
- Jiang, Daqian dan Li, Baikun. 2009. *Granular Activated Carbon Single-Chamber Microbial Fuel Cells (GAC-SCMFCs): A Design Suitable For Large-Scale Wastewater Treatment Processes*. University of Connecticut : United States.
- Ghangrekar, M.M, V.B. Shinde. 2007. *Performance of Membrane Less Microbial Fuel Cell Treating Wastewater and Effect of Electrode Distance and Area on Electricity Production*. *Bioresource Technology* 98 (2007) 2879-2885.
- Herald, Denny. 2010. *Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Sequencing Batch Reaktor Aerob*. (<http://repository.unand.ac.id>, 2014)
- Herlambang, Arie dan Nusa Idaman Said. 2010. *Penurunan Kadar Zat Organik dalam air Sungai dengan Biofilter Tercelup Struktur Sarang Tawon*. Jakarta
- Indriyati. 2003. *Proses Pembenihan (Seeding) dan Aklimatisasi pada Reaktor Tipe Fixed Bed*. 2003. Jakarta : Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
- Khan, Maksudur, M. S. A. Amin, S. Sarker, K. Ferdaus. 2012. *Design and Fabrication of Membrane Less Microbial Fuel Cell (ML-MFC) using Food Industries Wastewater for Power Generation*. *Journal of Chemical Engineering*, IEB Vol. Che 27, No 2, December, 2012
- Li, Fengxiang, Yogesh, Sharma, Lei, Yu. Li, Baikun Zhou. Qixing. 2010. *Microbial Fuel Cells : The Effects of Configurations, Electrolyte Solutions, and Electrode Materials on Power Generation*. *Appl Biochem Biotechnol* (160) : 168-181.
- Li, Baikun, Karl Scheible, Michael Curtis. 2011. *Electricity Generation from Anaerobic Wastewater Treatment in Microbial Fuel Cells*. *NYSERDA Agreement 11095*.
- Liu H, Cheng S, Logan BE. 2005. *Production of Electricity from Acetate or Butyrate Using a Single-Chamber Microbial Fuel Cell*. *Environ. Sci. Technol*. 2005, 39, 658-662
- Logan BE, B. Hamelers, R. Rozendal, U. Schroder, J. Keller, S. Freguia, P. Aelterman, W. Verstraete, K. Rabaey. 2006. *Environ. Sci. TECHNOL*. 40 (2006) 5181-5192.
- Lorenzo, Mirella, Keith Scott, Tom P. Curtis, Ian M. Head. 2010. *Effect of Increasing Anode Surface Area on the Performance of a Single Chamber Microbial Fuel Cell*. *Chemical Engineering Journal* 156 (2010) 40-48
- Novitasari, Deni. 2011. *Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri Lactobacillus Bulgaricus*. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Departemen Teknik Kimia
- Pant, Deepak, Gilbert Van Bogaert, Ludo Diels, Karolien Vanbroekhoven. 2010. *A Review of the Substrates Used in Microbial Fuel Cells (MFCs) for Sustainable Energi Production*. *Bioresource Technology* 101 (2010) 1533-1543.
- Rabaey Korneel, Geert Lissens, Steven D. Siciliano, Willy Verstraete. 2003. *A Microbial Fuel Cell Capable of Converting Glucose to Electricity at High Rate and Efficiency*. *Biotechnology Letters* 25: 1531-1535, 2003.
- Rabaey, K., Angenent, L., Schroder U., Keller J. 2009. *Bioelectrochemical systems: From Extracellular Electron Transfer to Biotechnological Application*, 1st edition. IWA Publishing, London.

- Sadeqzadeh Majid, Mostafa Ghasemi, Ali Ghannadzadeh,. 2012. *Mass Transfer Limitation In Different Anode Electrode Surface Areas On The Performance Of Dual Chamber Microbial Fuel Cell*. American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 2012, 8 (4), 320-325.
- Satyam, Siva Rama, Manaswini Behera, M. M. Ghangrekar. 2011. *Performance and Economics of Low Cost Clay Cylinder Microbial Fuel Cell for Wastewater Treatment*. World Renewable Energy Congress 2011-Sweden.
- Septyana, Ian. 2014. *Pengaruh Variasi Debit dan Jumlah Elektroda Terhadap Penurunan COD dan Produksi Listrik di Dalam Reaktor Microbial Fuel Cells (MFCs) Studi Kasus: Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Salatiga*. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro. Eprints Undip.
- Wardhana, Wisnu Arya. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wei, Jincheng, Peng Liang, Xia Huang. 2011. *Recent Progress in Electrodes for Microbial Fuel Cells*. Bioresource Technology 102 (2011) 9335–9344
- Widayat, Wahyu. 2009. *Daur Ulang Air Limbah Domestik Kapasitas 0,9 m³ per jam Menggunakan Kombinasi Reaktor Biofilter Anaerob Aerob dan Pengolahan Lanjutan*. JAI Vol. 5, No. 1.
- Winaya, I Nyoman Suprpta, Made Sucipta, A. A. Krisna Wira Putra, 2011. *Memfaatkan Air Bilasan Bagas Untuk Menghasilkan Listrik Dengan Teknologi Microbial Fuel Cells*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 5 No.1. April 2011 (57-63)
- Zhou, Minghua, Meiling Chi, Jianmei Luo, Huanhuan He, Tao Jin. 2011. *An Overview of Electrode Materials in Microbial Fuel Cells*. Journal of Power Sources 196 (2011) 4427–4435.